

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

102 31 479.9

**Anmeldetag:**

12. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:**

Dr. med. Dipl.-Ing. Helmut Mückter,  
Aachen/DE

**Bezeichnung:**

Blutpumpe mit einem Impeller

**Priorität:**

21.06.2002 DE 102 27 886.5

**IPC:**

A 61 M 1/12

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 26. Juni 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

5660



## Blutpumpe mit einem Impeller

Die Erfindung betrifft eine Blutpumpe mit einem Impeller. Zur Unterstützung des Herzens oder auch als Ersatz eines Herzens werden verschiedenartigste Pumpen eingesetzt. Diese Pumpen dienen als mechanisches  
5 Implantat zur teilweisen Unterstützung oder zum vollständigen Ersatz der Funktion einer oder beider Herzkammern oder zur Förderung des Blutstromes in einem Blutgefäß.

Als Pumpe werden einerseits Membranpumpen mit integrierten Klappenventilen eingesetzt, die mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch betrieben werden. Andererseits werden Impellerpumpen verschiedenster Ausführungen mit radialen, halbaxialen bzw. diagonalen oder axialen Laufrädern verwendet. Derartige Pumpen sind in der WO 97/49439 und in der US 4,994,078 beschrieben. Diese Pumpen werden mit unterschiedlichen Kreislaufanschlusstechniken implantiert. Dabei handelt es sich vorwiegend um folgende Grundprinzipien:  
15

1. Vollständiger Ersatz des Herzens durch ein Pumpensystem.

Hierbei wird das geschädigte Herz entfernt und durch ein mechanisches Kunstherz ersetzt.

2. Bypasssysteme. Hierbei wird das geschädigte Herz *in situ* belassen und die Blutströmung über Kanülen ganz oder teilweise an einer oder beiden Herzkammern vorbei durch ein intra- oder extrakorporales Pumpensystem geführt.

5       3. Intravasale Impellersysteme. Hierbei wird eine kleine Impellerpumpe, welche in eine Kanüle integriert ist, über die Hauptschlagader retrograd durch die Aortenklappe hindurch in die linke Herzkammer geführt. Der Blutstrom wird durch die Impellerpumpe aus der Herzkammer in die Hauptschlagader geleitet.

10

Die Art der Ausbildung der Pumpen und deren Einsatz in der Medizintechnik führen jedoch zu unterschiedlichen Problemen.

Thrombembolische Komplikationen: Durch die großen Fremdoberflächen der meisten verfügbaren Systeme und insbesondere der unabdingbar notwendigen Kanülen kommt es auch unter höchstmöglicher medikamentöser  
15       Hemmung der Blutgerinnung zur Ausbildung von Blutgerinnseln.

Blutungskomplikationen: Die bei den meisten Systemen erforderliche medikamentöse Hemmung der Blutgerinnung in hoher Dosierung zur Vermeidung thrombembolischer Komplikationen kann ihrerseits wiederum zu  
20       schwerwiegenden, lebensbedrohlichen Blutungen führen.

Unzureichende Sicherheit bei Systemausfall: Bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Pumpensystemen ist bereits ein sehr kurzzeitiger Ausfall der Pumpe akut lebensbedrohlich.

Entzündungsrisiko: Durch große Oberflächen der verwendeten Pumpen  
5 besteht die Gefahr der Ansiedlung von Bakterien auf den Kunststoffoberflächen.

Beeinträchtigung der Herzfunktion durch das Pumpensystem: Die meisten  
bekannten Pumpensysteme führen bauartbedingt zu einer ungünstigen Beeinflussung  
10 der Herzfunktion. Zum einen ist dies auf großvolumige Kanülen  
zurückzuführen, die das Blut aus dem Vorhof oder der Ventrikelspitze  
entnehmen, und dort den Blutfluss oder die Funktion der Herzklappen  
beeinträchtigen. Zum anderem sind dies Kanülen, welche durch die Herzklappen  
15 hindurch geschoben werden, und dort die Herzklappenfunktion  
selbst beeinträchtigen und den freien Strömungsquerschnitt der Herzklappen  
behindern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde eine Blutpumpe mit einem  
Impeller derart weiter zu bilden, dass die Blutpumpe ohne die Verwendung  
15 von Kanülen in einem Gefäßabschnitt einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Blutpumpe dadurch  
20 gelöst, dass sie mindestens zwei Verbindungseinrichtungen zum Anschluss  
an ein Blutgefäß außerhalb des Herzens, wie beispielsweise einen Nahtring  
oder eine Gefäßprothese aufweist.

Diese Gefäßverbindungseinrichtungen ermöglichen es, die Impellerpumpe direkt mit dem Gefäß zu verbinden, ohne dass Kanülen verwendet werden müssen. Dies ermöglicht den Einsatz der Blutpumpe zwischen zwei Gefäßenden wie beispielsweise nach einer Sektion eines Aortenabschnittes 5 oder im Bereich einer Gefäßgabelung.

Das Pumpensystem ist in der Lage, die Funktion einer oder beider Herzkammern vollständig oder teilweise zu ersetzen. Außerdem wird eine wirksame Druckentlastung in einer oder beiden Herzkammern erzielt, wodurch die Rückbildung einer Dilatation der Herzhöhle oder der Herz-10 höhlen wirksam unterstützt wird. Die Möglichkeit der Anordnung der Pumpe außerhalb des Herzens führt dazu, dass die Blutströmung durch die Herzhöhlen während der Pumpunterstützung aufrechterhalten werden kann und eine intracavitaire Stase vermieden wird. Dadurch wird einer Gerinnungsbildung in den Herzhöhlen entgegengewirkt. Die Ausbildung der 15 Pumpe ermöglicht sogar den Einsatz des Pumpsystems bei implantierten mechanischen Herzklappenprothesen in Aorten- oder Pulmonalposition. Das direkte Anbringen von Gefäßverbindungseinrichtungen an der Blutpumpe und der Verzicht auf Kanülen führt zu einer sehr geringen Baugröße der Pumpe und zu minimalen Fremdoberflächen. Dadurch wird das 20 Risiko einer Gerinnungsbildung und einer bakteriellen Besiedlung an den Fremdoberflächen so gering wie möglich gehalten. Durch die Reduzierung der mit dem Blut oder Gewebe in Verbindung stehenden Oberfläche

werden auch die Kosten für die benötigten hoch biokompatiblen Materialien minimal gehalten.

Darüber hinaus kann die vorgeschlagene Pumpe so implantiert werden, dass sie bei ausreichender Erholung der Herzfunktion auf einfache Art und Weise operationstechnisch entfernt werden kann.

Die Pumpe ist so ausgebildet, dass sie zur Unterstützung der linken Herzkammer in Form eines Pumpenconduits in die Aorta ascendens, zur Unterstützung der rechten Herzkammer in Form eines Pumpenconduits in den Truncus pulmonalis oder in die Pulmonalisgabel und zur Förderung des Blutstromes oder zur Druckerhöhung in einem bestimmten Gefäßabschnitt in das zuführende Gefäß implantiert werden kann. Bei peripherer arterieller Verschlusskrankheit, bei der Dialyse oder zur extrakorporalen Membranoxygenation (ECMO) wird die Blutpumpe in Form eines Pumpenconduits in das diesen Gefäßabschnitt versorgende Hauptgefäß implantiert. Bei der Entlastung einer oder beider Herzkammern ist die Pumpe vorzugsweise so zu implantieren, dass die Funktion der natürlichen Herzkappen (Aorten- bzw. Pulmonalklappe) oder die Funktion einer gegebenenfalls an deren Stelle implantierten Herzkappenprothese durch das implantierte Pumpenconduit nicht beeinträchtigt wird.

20 Vorteilhaft ist es, wenn die Gefäßverbindungseinrichtungen direkt am Pumpengehäuse angeordnet sind. Diese Anordnung der Gefäßverbindungseinrichtungen direkt am Pumpengehäuse führt zu einer Blutpumpe

mit einem Pumpengehäuse und einem darin angeordneten elektromechanisch angetriebenen Impeller, wobei die Blutpumpe mindestens zwei Verbindungseinrichtungen zum Anschluss an ein Blutgefäß außerhalb des Herzens, wie beispielsweise einen Nahtring oder eine Gefäßprothese aufweist, welche derart gestaltet sind, dass ein Anschluss des Blutgefäßes unmittelbar am Pumpengehäuse ermöglicht wird. Hierdurch wird ein kompakter Aufbau der Pumpe und eine Reduktion der benötigten Teile erzielt.

Ein besonders kompakter Aufbau wird dadurch erzielt, dass die Länge des Pumpengehäuses kürzer als zweimal vorzugsweise 1,5-mal dessen Durchmesser ist. Dies führt dazu, dass bei der Implantation der Blutpumpe nur ein kurzes Aderstück entfernt werden muss, das durch die Blutpumpe im Sinne eines Conduits ersetzt wird.

Vorteilhaft ist es auch, wenn die Länge der Gefäßverbindungseinrichtung besonders kurz ausgebildet ist, um nur einen kurzen Aderbereich bei der Implantation beschädigen oder entfernen zu müssen. Die Gefäßverbindungseinrichtung sollte vorzugsweise kürzer als der Durchmesser des Zwischenstücks sein.

Ein einfacher Aufbau der Pumpe wird dadurch erzielt, dass sie einen Motor und ein Pumpengehäuse mit vorzugsweise als Leitschaufeln ausgebildeten Stegen aufweist, wobei die vorzugsweise als Leitschaufeln ausgebildeten Stege zwischen dem Motor und dem äußeren Mantel des Pum-

pengehäuses angeordnet sind. Die Leitschaufeln können somit den Motor vorzugsweise koaxial zum Pumpengehäuse halten und gleichzeitig eine Leitfunktion auf den durchgeleiteten Blutstrom ausüben.

Die Leitschaufeln sind vorzugsweise derart stabil ausgebildet, dass sie 5 auch bei auftretenden Dralländerungen den Motor sicher im Pumpengehäuse halten.

Zur Stromversorgung des Motors wird vorgeschlagen, dass hierzu erforderliche Kabel oder Metallstifte innerhalb der vorzugsweise als Leitschaufeln ausgelegten Stege verlaufen. Dadurch kommen die Stromzuführungs- 10 leitungen mit dem Blut nicht in Berührung.

Vorteilhaft ist es, wenn die Blutpumpe so gestaltet ist, dass bei einem Systemausfall neben der fehlenden Herzunterstützung keine weiteren systembedingten negativen Einflüsse auf den Kreislauf und die Lungenfunktion zu erwarten sind. Um dies zu erreichen wird vorgeschlagen, dass der 15 freie Strömungsquerschnitt zwischen dem Motor und dem äußeren Mantel des Pumpengehäuses mindestens 50 %, vorzugsweise mindestens 80 % des freien Strömungsquerschnitts an einem Ende des Zwischenstücks beträgt. Auch bei einem Ausfall der Pumpe kann somit das Blut nahezu un- gehindert durch die im Sinne eines Conduits ausgebildete Blutpumpe hin- 20 durch fließen, wodurch eine Kreislauffunktion aufrechterhalten bleiben kann.

Ein besonderes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Pumpe sieht vor, dass sie zwei Motoren, zwei Pumpengehäuse und eine Gehäuseverbindung aufweist. Eine derartige vorzugsweise adaptierbare Verbindungeinrichtung kann bei optimaler Auslegung der Pumpen dazu führen, dass

5 nur geringfügige äußere Drehmomente entstehen.

Hierzu wird vorgeschlagen, dass die Impeller gegenläufig antreibbar sind. Dies kann beispielsweise durch gegenläufig angesteuerte Motoren erreicht werden. Hierbei werden die Massenträgheitsmomente der rotierenden Teile vorzugsweise so ausgelegt, dass bei dynamischem bzw. pulsatilem

10 Betrieb möglichst kleine äußere Drehmomente resultieren.

Ein anderes Ausführungsbeispiel sieht vor, dass die Blutpumpe ein Pumpengehäuse mit einem Zusatzmotor, welcher eine Masse gegenläufig zum Impeller rotierend antreibt, aufweist. Auch hierdurch können die äußeren Momente gering gehalten werden. Ein derartiges Ausführungsbeispiel

15 sieht vor, dass ein weiterer elektromechanischer Antrieb konnektiert ist, welcher eine rotierende Masse gegenläufig und synchron zur Drehrichtung der Rotorwelle der Blutpumpe antreibt, und dessen Massenträgheitsmoment so ausgelegt ist, dass bei einer Dralländerung keine oder nur geringfügige äußere Momente resultieren.

20 Vorteilhaft ist es, wenn die Blutpumpe ein Pumpengehäuse mit einer Aufhängeeinrichtung aufweist, die es ermöglicht, die Blutpumpe in einem Gewebe, vorzugsweise am knöchernen Brustkorb zu befestigen. Hierzu

wird vorgeschlagen, dass an das Pumpengehäuse eine vorzugsweise adaptierbare Aufhängeeinrichtung konnektiert wird, welche die Erstellung einer Verbindung zu umliegenden Gewebestrukturen erlaubt, die in der Lage sind, die bei dynamischem oder pulsatilem Betrieb auftretenden Momente aufzunehmen.

Drei verschiedene Ausführungsbeispiele einer Blutpumpe sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

Es zeigt

Figur 1 einen Schnitt durch eine in die Aorta ascendens implantierte Blutpumpe,

Figur 2 eine teilweise geschnittene Ansicht einer Blutpumpe mit zwei Pumpengehäusen zur Entlastung beider Herzkammern und

Figur 3 eine teilweise geschnittene Ansicht einer Blutpumpe zur Implantation in die Gabelung des Pulmonalisstammes.

Die in Figur 1 gezeigte Blutpumpe 1 ist zwischen der Aortenklappe 2 und der Aorta ascendens 3 implantiert. Hierbei sind die Bereiche des Herzens und die Aorta ascendens 3 mit gestrichelten Linien dargestellt. Vom Herzen ist die linke Herzkammer 4, die Mitralklappe 5 und die Aortenklappe 2 abgebildet.

Mit einem Nahtring 6 ist das als Pumpengehäuse 7 dienende Conduit in sicherem Abstand zur Aortenklappe 2 angenäht. Das gegenüberliegende Ende des Gehäuses 7 ist mittels eines Nahtringes 8 mit der Aorta ascendens 3 verbunden. Für die Implantation der Blutpumpe 1 wurde ein der 5 Größe des Pumpenconduits entsprechendes Segment der Aorta ascendens reseziert. Die Nahtringe 6 und 8 dienen somit als Gefäßverbindungseinrichtung bei der Implantation der Blutpumpe 1. Die Blutpumpe 1 besteht im wesentlichen aus einem Pumpengehäuse 7, einem darin angeordneten 10 Impeller 10 mit halbaxialer bzw. diagonaler Strömungsführung und einem vollgekapselten Motorantrieb 11. Das Motorgehäuse 12 ist mit dem äußeren Mantel 9 des Pumpengehäuses 7 über Stege 13, 14 fest verbunden. Diese Stege 13, 14 sind als Strömungsleitschaufeln ausgebildet, in denen 15 die Stromzuführung zum Motorantrieb 11 angeordnet ist. Hierfür sind Kabel (nicht gezeigt) oder Metallstifte (nicht gezeigt) vorgesehen, die innerhalb der als Strömungsleitschaufeln geformten Stege 13, 14 verlaufen.

Grundsätzlich kann jede aus der Strömungsmechanik bekannte Form einer Impellerpumpe mit radialer, halbaxialer oder axialer Strömungsführung und einer entsprechend angepassten Formgebung des Impellers in der Blutpumpe 1 verwendet werden. Ebenso können alle für Blutpumpen beschriebenen Arten der Wellenlagerung, der Wellenabdichtung, der Motorgehäuseabdichtung und der Kraftübertragung, insbesondere auch magnetische Kraftübertragung zum berührungsfreien Antrieb des Impellers verwendet werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Antrieb der 20

Blutpumpe 1 durch ein intelligentes System gesteuert wird. Dieses sollte eine Steuerung oder Regelung des arteriellen Blutdruckes und des Druckes im Ventrikel aufweisen.

Des weiteren ist es besonders vorteilhaft, wenn die Steuerung auch einen 5 pulsatilen Betrieb der Impellerpumpe ermöglicht, wobei die Pulsation der Impellerpumpe 1 vorzugsweise mittels Druck- oder EKG-Triggerung an den natürlichen Schlagrhythmus des Herzens adaptiert wird.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Form des äußeren Mantels 9 des Pumpengehäuses 7 so angelegt, dass durch das zentral gelegene Motorgehäuse 12 keine wesentliche Verminderung des freien Strömungs- 10 querschnittes 15 im Sinne einer hämodynamisch relevanten Stenose resultiert.

Im Falle eines Defektes oder im Rahmen einer programmierten Entwöh- 15 nungsphase bei Erholung des Herzens kann die Impellerpumpe 1 ganz oder teilweise abgeschaltet werden. Dabei entstehen außer einer fehlenden oder verminderten Herzunterstützung keine wesentlichen Nachteile für die Kreislauffunktion. Im Falle einer gegebenenfalls angezeigten Explantation der Pumpe 1 wird diese durch ein herkömmliches Gefäßinterponat unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine ersetzt.

20 Die Figur 2 zeigt den Einsatz einer Blutpumpe mit zwei Gehäusen 20, 21 zur Entlastung beider Herzkammern. Jeweils in den Truncus pulmonalis 22 und die Aorta ascendens 23 ist ein Pumpenconduit 24, 25 in ausrei-

chendem Abstand zu den Herzklappen implantiert. Hierdurch ist es möglich, eine Teilentlastung aber auch eine vollständige Entlastung des Herzens zu erzielen. Um eine ausreichende Durchblutung der Herzkranzgefäße sicher zu stellen, ist es vorteilhaft, die auf der Niederdruckseite des

5 Pumpenconduits 25 im Bulbus der Aorta abgehenden Stämme der Herzkranzgefäße an den Punkten 26 bzw. 27 zentral zu verschließen und zur Durchblutung der Herzkranzgefäße Venenbypässe 28 und 29 oder Anastomosen mit einer oder beiden Mammaria-Arterien anzulegen.

Die Pumpenconduits 24 und 25 werden vorzugsweise getriggert pulsatil  
10 betrieben. Um äußere Momente zu vermeiden, sind die Pumpenconduits 24 und 25 durch ein anpassbares Gestänge (nicht gezeigt) fest miteinander verbunden. Die Impeller werden mit gegenläufiger Rotation betrieben und die Massenträgheitsmomente aller rotierenden Teile sind so ausgelegt, dass durch die Dralländerung bei der Pumpendynamik keine oder nur  
15 sehr geringfügige äußere Momente resultieren.

Dieses Prinzip des aktiven Massenausgleichs ist auch bei Pumpen wie in  
Figur 1 dargestellt mit lediglich einem Pumpengehäuse 7 anwendbar. Hierzu wird an das Pumpengehäuse 7 eine mittels Elektromotor (nicht  
20 gezeigt) angetriebene rotierende Masse (nicht gezeigt) konnektiert, welche synchron zum Antriebsmotor 11 der Blutpumpe 1 gegenläufig rotiert und in ihrem Massenträgheitsmoment derart ausgelegt ist, dass durch die Dralländerung bei der Pumpendynamik keine oder nur sehr geringfügige äußere Momente resultieren.

Des weiteren ist es sowohl für die in Figur 1 als auch für die in Figur 2 gezeigte Pumpe vorteilhaft, wenn die Blutpumpen 1 bzw. 20 und 21 durch eine vorzugsweise adaptierbare Aufhängeeinrichtung (nicht gezeigt) an umliegenden Gewebestrukturen, wie etwa dem knöchernen Brustkorb fixiert wird.

Die in Figur 3 gezeigte Blutpumpe 30 zeigt eine Gestaltungsvariante eines Pumpenconduits 31, das besonders bei sehr kurzem Truncus pulmonalis zur Unterstützung der rechten Herzkammer geeignet ist. Bei dieser Art der Gestaltung ist das Pumpenconduit 31 Y-förmig aufgebaut. Einstromseitig findet sich ein Nahtring 32, welcher analog zu Figur 2 an den Pulmonalarterienstamm 33 unmittelbar hinter der Pulmonalklappe 34 ange näht wird. Abstromseitig werden die rechte und die linke Lungenschlagader 35 bzw. 36 direkt mit Nahtringen 37, 38 an die Auslaufstutzen 39, 40 des Pumpenconduits 31 angeschlossen. Die Auslaufstutzen 39, 40 münden entsprechend der Rotationsrichtung der Pumpe 30 vorzugsweise exzentrisch in das Pumpengehäuse 41. Die Aufhängung des Antriebsmotors 42 im Pumpengehäuse 41 und die Stromzuführung (nicht gezeigt) zum Antriebsmotor 42 können hierbei zentral, beispielsweise an der Stelle 43 erfolgen. Auf die in Figur 1 gezeigten, als Leitschaufeln ausgebildeten Stege 13, 14 kann bei dieser Art der Gestaltung der Blutpumpe 30 verzichtet werden.

Ein gleichartig aufgebautes Pumpenconduit (nicht gezeigt) mit einem den anatomischen Verhältnissen angepassten Winkel zwischen Auslaufstutzen

und dem Pumpengehäuse ist auch zur Implantation an der Aortengabel zu beiden Beckenschlagadern zur Unterstützung des Blutflusses bei arterieller Verschlusskrankheit in der Becken- und Beinregion geeignet, wenn rekonstruktive gefäßchirurgische Maßnahmen allein keinen ausreichenden  
5 Erfolg bringen.

## Patentansprüche:

1. Blutpumpe (1, 20, 21, 30) mit einem Impeller (10), *dadurch gekennzeichnet, dass* sie mindestens zwei Verbindungseinrichtungen (6, 8) zum Abschluss an ein Blutgefäß außerhalb des Herzens, wie beispielsweise einen Nahtring oder eine Gefäßprothese, aufweist.  
5
2. Blutpumpe nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Impeller (10) in einem Pumpengehäuse (7) und die Gefäßverbindungseinrichtungen (6, 8) am Pumpengehäuse (7) angeordnet sind.
3. Blutpumpe nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Länge des Pumpengehäuses (7) kürzer als 2 mal vorzugsweise 10 1,5 mal dessen Durchmesser ist.
4. Blutpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Länge der Gefäßverbindungseinrichtungen (6, 8) jeweils kürzer als der Durchmesser des Pumpengehäuses (7) ist.  
15
5. Blutpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass* sie einen Motor (11) zum Antrieb des Impellers (10) aufweist und das Pumpengehäuse (7) einen äußeren Mantel (9) aufweist, wobei zwischen dem Motor (11) und dem äußeren Mantel (9) des Pumpengehäuse (7) Stege (13, 14) angeordnet sind, welche vorzugsweise als Leitschaufeln ausgebildet sind.  
20

6. Blutpumpe nach Anspruch 5, *dadurch gekennzeichnet, dass* die vorzugsweise als Leitschaufeln ausgelegten Stege (13, 14) den Motor (11) stabil zum äußeren Mantel (9) des Pumpengehäuses (7) halten.
- 5 7. Blutpumpe nach Anspruch 5 oder 6, *dadurch gekennzeichnet, dass* in den vorzugsweise als Leitschaufeln ausgelegten Stegen (13, 14) Metallkabel oder Metallstifte zur Übertragung von elektrischem Strom angeordnet sind.
8. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 5 bis 7, *dadurch gekennzeichnet, dass* der freie Strömungsquerschnitt (15) zwischen Motor (11) und dem äußeren Mantel des Pumpengehäuses (7) mindestens 50 %, vorzugsweise mindestens 80 %, des freien Strömungsquerschnitts an einem Ende des Pumpengehäuses (7) beträgt.
- 10 9. Blutpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass* sie zwei Motoren, zwei Pumpengehäuse (24, 25) und eine vorzugsweise adaptierbare Verbindungseinrichtung zwischen den Pumpengehäusen aufweist.
- 15 10. Blutpumpe nach Anspruch 9, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Impeller gegenläufig antreibbar sind.
- 20 11. Blutpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass* sie ein Pumpengehause (7) mit einem Zu-

satzmotor aufweist, welcher eine Masse gegenläufig zum Impeller rotierend antreibt.

12. Blutpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Pumpengehäuse (7) mit einer Aufhängeeinrichtung zur Befestigung der Pumpe (1, 20, 21, 30) in einem Gewebe, vorzugsweise am knöchernen Brustkorb, aufweist.*

5

## Zusammenfassung

Eine Blutpumpe mit einem Pumpengehäuse und einem darin angeordneten elektromechanisch angetriebenen Impeller weist mindestens zwei unmittelbar am Pumpengehäuse angeordnete Verbindungseinrichtungen zum

5 Anschluss an ein Blutgefäß außerhalb des Herzens, wie beispielsweise einen Nahtring oder eine Gefäßprothese auf, welche derart gestaltet sind, dass ein Anschluss des Blutgefäßes unmittelbar am Pumpengehäuse ermöglicht wird.

Eine derartige Blutpumpe erlaubt eine Implantation in Form eines Pumpenconduits in die Aorta ascendens zur Entlastung der linken Herzkammer, in den Truncus pulmonalis oder in die Pulmonalisgabel zur Entlastung der rechten Herzkammer und in sonstige Blutgefäße des Körpers zur Förderung des Blutstromes oder zur Druckerhöhung in einem bestimmten Gefäßabschnitt.

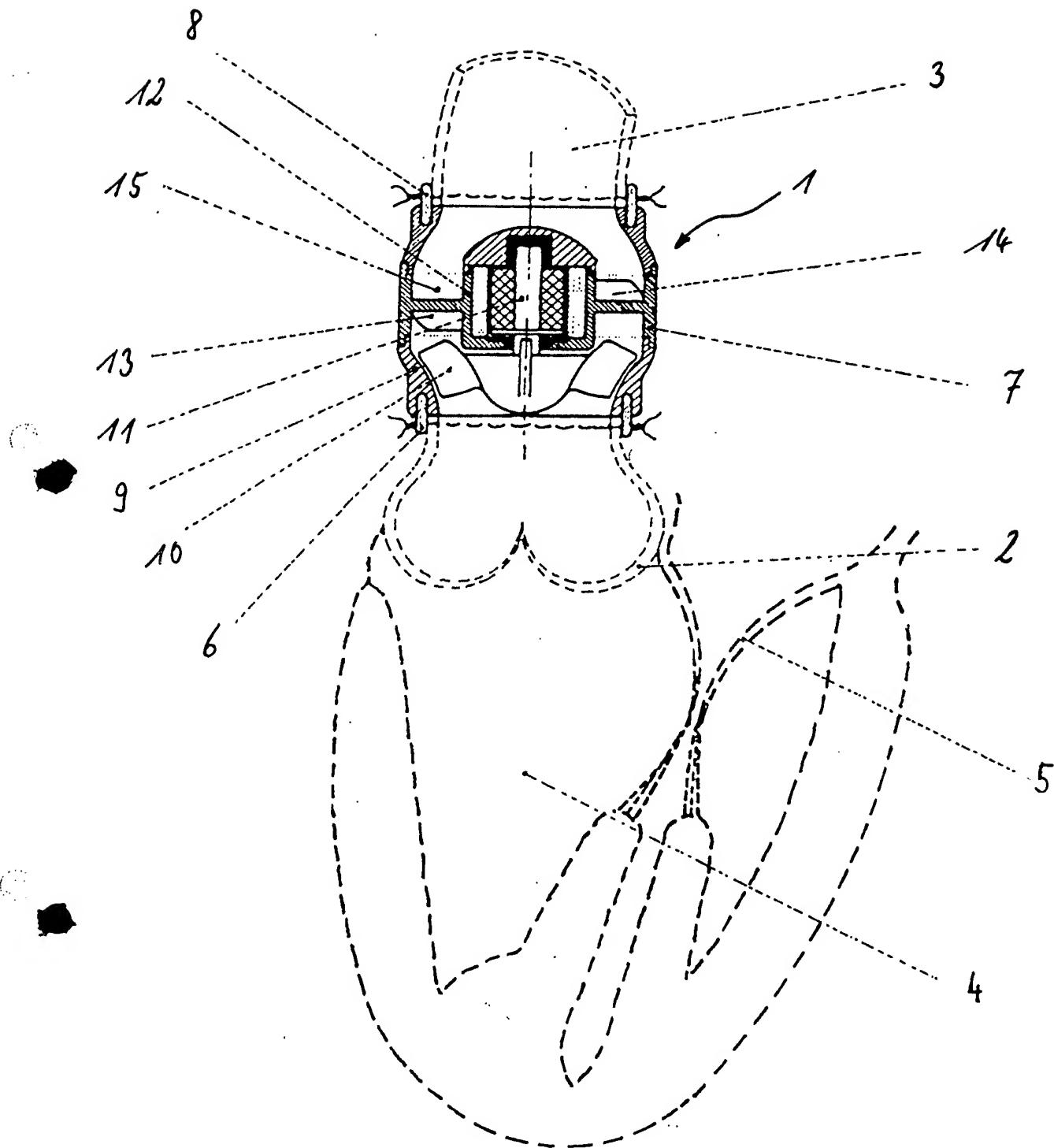


Fig. 1

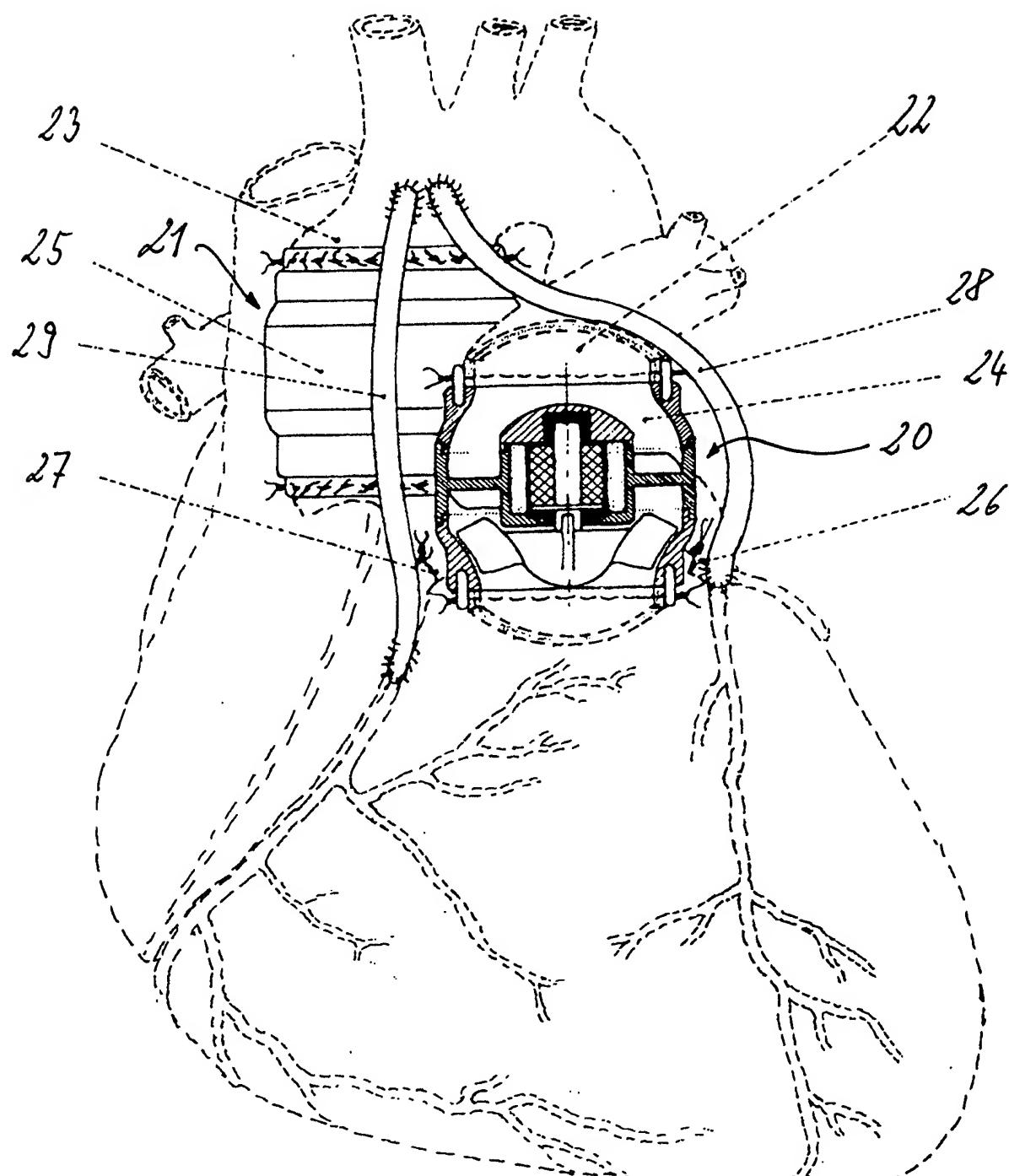


Fig. 2

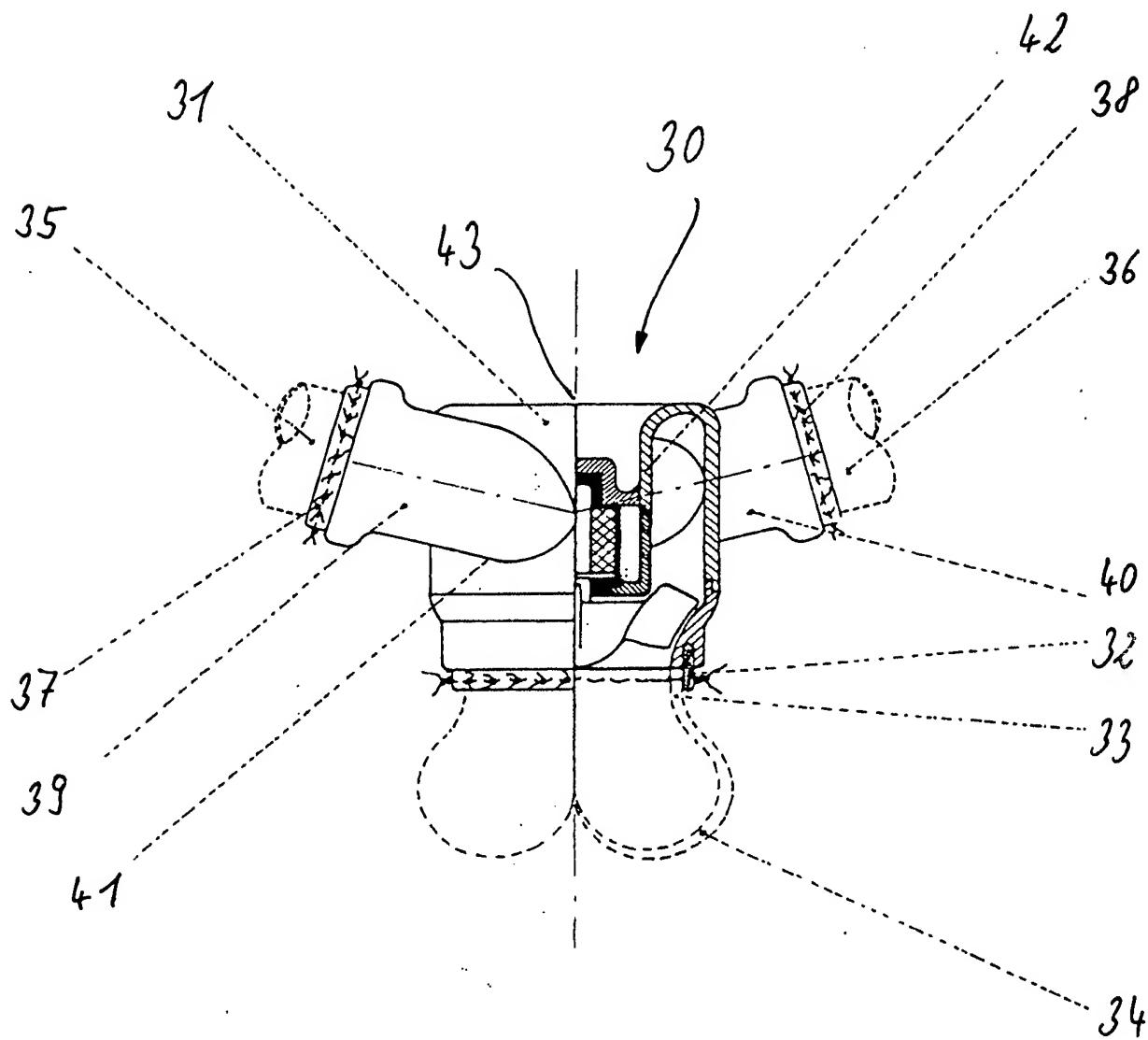


Fig. 3